



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2017

Wie weit muss man laufen, um 1 kg Fett zu verlieren?

Knechtle, Beat ; Nikolaidis, Pantelis T

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002803>

Other titles: How Far Do You Have to Run to Lose 1 kg of Fat?

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-140957>

Journal Article

Accepted Version

Originally published at:

Knechtle, Beat; Nikolaidis, Pantelis T (2017). Wie weit muss man laufen, um 1 kg Fett zu verlieren? Praxis, 106(21):1183-1190.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002803>

1 Gesundheitszentrum St. Gallen ¹
2 Exercise Physiology Laboratory, Nikaia, Griechenland ²

3
4
5
6 Beat Knechtle¹ , Pantelis T. Nikolaidis ²
7
8
9

10 **Wie weit muss man laufen um 1 kg Fett zu verlieren?**

11
12 How far do you have to run to lose 1 kg of fat?
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

Im Artikel verwendete Abkürzungen

ANOVA	Analysis of Variance
BMI	Body Mass Index
DEXA	Dual-Energy X-ray Absorptiometry
MRI	Magnetic Resonance Imaging

Einleitung

Es ist allgemein bekannt das Übergewicht und Fettleibigkeit ausgeprägte kardiovaskuläre Risikofaktoren darstellen (1). Es ist auch bekannt das Übergewicht und Fettleibigkeit – selbst wenn keine Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes vorliegen – zu einer eingeschränkten Lebenserwartung führen (2). Ebenfalls ist bekannt dass eine erhöhte viszerale Fettmasse ein kardiovaskulärer Risikofaktor ist (3) und die Reduktion des viszeralen Fettes könnte das kardiovaskuläre Risiko merklich reduzieren.

Eine Möglichkeit das Körperfett und speziell die viszerale Fettmasse zu reduzieren sind lange bis sehr lange Ausdauerseinheiten im Sinne von Ausdauerläufen (4, 5). Bei Läufern am ‚Transeurope Footrace 2009‘ über 4‘485 km konnte mit dem Einsatz eines Ganzkörper-MRI gezeigt werden dass das viszerale Fett am deutlichsten aller Fettkompartimente um rund 65% reduziert wurde (6). Erstaunlicherweise war die viszerale Fettmasse nach 500 km am tiefsten, stieg dann zwischen 500 km und 2500 km stetig wieder an um zwischen 2500 km und 4500 km wieder langsamer anzusteigen (6).

Für den Alltag und die Beratung von Übergewichtigen und Fettleibigen bezüglich eines Aktivitätsprogramms zur Reduktion des Fettgewebes wäre die Kenntnis von absoluten Werten in kg pro Laufstrecke von hoher Wichtigkeit. Man könnte dann abschätzen wie lange resp. wie weit eine Person laufen müsste um ihre Fettmasse substantiell zu reduzieren. Leider konnten die Autoren der Studie am ‚Transeurope Footrace 2009‘ keine absoluten Zahlen in g oder kg für den Abbau des viszeralen Fettes liefern. In der Studie wurde das viszerale Fett als Volumen (l) und die Veränderung des viszeralen Fettes über die Zeit als ml/km beschrieben (6).

Absolute Zahlen in kg zur Reduktion der Fettmasse durch Laufen sind in der Literatur relativ schwer zu finden und beruhen auf Fallberichten oder Feldstudien (5, 7-9). So wurde etwa bei männlichen 100-km Läufern im Rahmen einer Feldstudie eine Reduktion der Fettmasse um 0.2 kg (7) bis 0.4 kg (8) bestimmt. Anhand der Zahlen der Feldstudien mit grösseren Probandengruppen könnte gefolgert werden das ein 100-km-Lauf bei trainierten Läufern die Fettmasse um rund 0.3 kg reduziert (7, 8) und somit rein rechnerisch über 300 km gelaufen werden müssen um 1 kg Fett zu verbrauchen. Dies würde in etwa dem Ergebnis eines Fallberichts entsprechen von einem Läufer der innerhalb von 54 Stunden quer durch die Schweiz von Rorschach nach Vevey über 320 km gelaufen ist und dabei 0.3 kg Fettmasse abgebaut hat (4). In einer anderen Fallstudie erzielte ein Läufer an einem 6-Tage-Lauf die Strecke von 501.1 km und verlor dabei rund 6.8 kg Fett (5). Umgerechnet auf 100 km ergäbe

das einen Verbrauch von rund 1.4 kg Fett. Diese teils recht divergierenden Resultate zwischen Feldstudien und Fallstudien könnten auf die unterschiedlichen Distanzen, die äusseren Umstände und den Trainingszustand der untersuchten Personen zurückgeführt werden.

Mit einer Waage mit Bioimpedanzanalyse (BIA) können schnell und einfach Körpergewicht und Körperzusammensetzung ohne grossen apparativ-technischen Aufwand auch unter Feldbedingungen bestimmt werden. Solche Geräte messen das Körperfett in Prozent, aber auch die viszerale Fettmasse in absoluten Werten in kg. Fitness-Studios bieten heute ihren Kunden solche Messungen regelmässig an.

Wir untersuchen nun die Veränderung der Körperkompartimente und insbesondere des viszeralen Fettes mit Hilfe der BIA bei einem Läufer der plante einen 24-Stunden-Lauf in einem möglichst gleichmässigen und tiefen Tempo zu absolvieren. Das Tempo wählte er so tief dass die Resultate eine praktische Bedeutung bekommen sollten. Anhand der Resultate und im Kontext der bisher bekannten Resultate könnten wir dann abschätzen wie lange resp. wie weit eine Person laufen muss um 1 kg viszerales Fett abzubauen.

Läufer und Methode

Der Läufer

Unser Läufer ist ein 52-jähriger übergewichtiger Hobbyläufer (80.5 kg, 177 cm, BMI 25.5 kg/m²) der regelmässig trainiert und gelegentlich Marathons sowie vereinzelt längere Läufe absolviert. Im Herbst 2016 plante er im Mai 2017 an einem 24-Stunden-Lauf mit einer Geschwindigkeit von rund 7 km/h alle 6 Stunden etwa 40 km zu laufen um mindestens 100 Meilen (160.9 km) zu erzielen.

Sechs Monate vor dem geplanten Lauf begann er mit regelmässigen Lafeinheiten von 20 km, 30 km oder 40 km auf mehrheitlich flachem Terrain. Während den Trainingsläufen benutzte er die GPS-Smartwatch vivoactive™ von Garmin um mit einer mittleren Laufgeschwindigkeit von 7.0 – 7.5 km/h (entsprechend 8 – 9 min/km) konstant zu laufen. In dieser Zeit kam er auf 2'840 Trainingskilometer, und lief pro Monat im Schnitt rund 475±130 km, entsprechend rund 110 km pro Woche. Obwohl er plante mindestens 160 km ohne Pause zu laufen waren die Trainingseinheiten nie länger als 40 km.

Der Lauf

Der Läufer startete am 13. Mai 2017 am 29. „Sri Chinmoy 12+24 Stunden-Lauf“ in Basel. Bei diesem Lauf müssen alle Teilnehmer möglichst viele Runden laufen, wobei eine Runde exakt 1101,430 m misst. Die Runden werden elektronisch mit einem Chipsystem gezählt und jede Stunde hängt der Veranstalter die Zwischenergebnisse zur Information an die Läufer an einem Pfosten auf. Aufgrund des limitierten Speichers der vivoactive™ lief der Läufer die 24 Stunden ohne GPS-Uhr und verwendete auch keine Uhr zum Stoppen der Rundenzeiten. Vielmehr lief er nach dem eigenen Gefühl das er sich in den letzten sechs Monaten im Training erworben hatte.

Die Temperatur lag beim Start am Mittag um 12 Uhr bei 25 °C und der Himmel war bewölkt. Im Laufe des Nachmittags stieg die Temperatur bis auf 30 °C bei dann wolkenlosem Himmel. Im Laufe der Nacht fiel die Temperatur auf minimal 11 °C und stieg am Folgetag wieder auf 24 °C. Rund eine Stunde vor Zielschluss zog ein Gewitter auf und in den letzten Minuten des Rennens fiel starker Regen und die Temperatur fiel auf 14 °C. Der Läufer verpflegte sich vom Buffet des Veranstalters sowie mit der eigenen Verpflegung mehrheitlich von Süssigkeiten wie Schokolade und Kuchen sowie stark zuckerhaltigen Süssgetränken.

Methoden

Wir haben **rund 60 Minuten** vor dem Start, **rund 60 Minuten** nach dem Rennen und dann alle 24 Stunden jeweils um die Mittagszeit mit der bioelektrischen Impedanz-Waage Tanita BC-545 (Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, USA) Körpergewicht, Prozent Körperfett, Prozent Körperwasser, viszerales Fett sowie fettfreie Masse gemessen (10).

Im Rahmen von langen bis sehr langen Ausdauerbelastungen kommt es zu einem Anstieg des Körperwassers (11-13) wobei dieses Körperwasser noch Tage nach Beendigung der Belastung erhöht ist (14). Es wurde schon mehrfach gezeigt dass bei langen bis sehr langen Ausdauerbelastungen die Füße resp. Unterschenkel anschwellen (15-17). Diese Schwellung der unteren Extremität durch die Wassereinlagerung beeinflusst die Messungen der BIA. Um diese Schwellung zu quantifizieren haben wir das Volumen beider Unterschenkel vor dem Laufen, nach dem Lauf und dann alle 24 Stunden zum gleichen Zeitpunkt wie die Messungen mit der BIA-Waage gemessen bis das ursprüngliche Volumen beider Unterschenkel wieder erreicht war. Das Ausmass der Schwellung haben wir nach dem Prinzip von Archimedes gemessen. Wir verwendeten einen Plexiglasbehälter mit den inneren Dimensionen 386x234x600 mm so dass der Läufer problemlos im wassergefüllten Behälter stehen konnte. Vorne wurde eine Skala in mm angebracht. Der Behälter wurde soweit mit Wasser gefüllt dass das Fibulaköpfchen noch mit Wasser bedeckt war. Die Höhe des Wasserspiegels wurde vor und nach Eintauchen der Beine abgelesen. Das verdrängte Volumen an Wasser entsprach dann dem Volumen beider Unterschenkel. Die Reproduzierbarkeit dieser Methode mit der Verschiebung der Wasserhöhe in mm war mit 20 aufeinanderfolgenden Messungen in einer Person überprüft worden und als verlässlich beurteilt worden (16). Zum gleichen Zeitpunkt haben wir die Schwellung der Füße und Unterschenkel auch noch photographisch festgehalten.

Wir haben auf die Bestimmung von Energie- und Flüssigkeitszufuhr bewusst verzichtet, ebenso haben wir den Energieverbrauch nicht abgeschätzt. Es ist allgemein bekannt dass bei langen bis sehr langen Ausdauerbelastungen der Energieverbrauch höher ist als die Energiezufuhr und ein Energiedefizit entsteht (18). Aus eigener Erfahrung wissen wir dass die Abschätzung des Energieverbrauchs während Belastung mit der Herzfrequenzmethode als einfache praktische Version relativ ungenau ist (19).

Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS v.20.0 (SPSS, Chicago, USA) und GraphPad Prism (Version 5, GraphPad Software, La Jolla, USA) durchgeführt. Die Daten wurden als

Mittelwert und Standardabweichungen des Mittelwerts (SD) ausgedrückt. Die Leistung wurde mit Wettkampfzeit (Rundenzeiten) und Geschwindigkeit untersucht. Die 148 Runden wurden in vier Abschnitte eingeteilt, entsprechend etwa 6 Stunden Laufzeit: Erster Abschnitt Runden 1-37, zweiter Abschnitt Runden 38-74, dritter Abschnitt Runden 75-111 und vierter Abschnitt Runden 112-148. Mit einer ANOVA wurde untersucht ob die Laufgeschwindigkeit innerhalb der vier Abschnitte variierte. Unterschiede zwischen den Abschnitten wurden mit einem post-hoc Bonferroni-Test untersucht. Die Ausprägung der Unterschiede zwischen den Abschnitten mit η^2 untersucht, wobei die Ausprägung wie folgt bewertet wurde: Klein ($0,010 \leq \eta^2 \leq 0,059$), mäßig ($0,059 < \eta^2 \leq 0,138$) und groß ($\eta^2 > 0,138$) (20). Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ gesetzt.

Resultate

Der Läufer erzielte in den 24 Stunden die totale Strecke von 164.109 km, entsprechend 148 Runden sowie eine Reststrecke die vom Veranstalter von Hand nachgemessen wurde.

Die Rundenzeiten nahmen kontinuierlich zu (Abbildung 1). Die grösste Anzahl der Runden lief er mit einer Geschwindigkeit zwischen 6.5 und 7 km/h (Abbildung 2). Im Schnitt lief er die Runde mit $9:41.7 \pm 1:03.4$ min:s, entsprechend einer Geschwindigkeit von 6.89 ± 0.71 km/h. Die erste Rund war die schnellste Runde in $7:22.7$ min:s, entsprechend einer Laufgeschwindigkeit von 8.96 km/h. Die langsamste Runde war die zweitletzte Runde mit $13:30.7$ min:s, entsprechend einer Laufgeschwindigkeit von 4.89 km/h. In dieser Runde kam starker Regen auf.

Da die 164 km fast der Strecke von vier Marathons entsprechen (168.78 km) haben wir die 148 Runden in vier einzelne Abschnitte unterteilt und separat analysiert (Abbildung 3). Das erste Viertel (etwa die ersten 6 Stunden resp. der erste Marathon) war schneller als alle folgenden Viertel. Die Tabelle 1 stellt die mittlere Geschwindigkeit für alle Viertel zusammen. Das zweite und das dritte Viertel (von abends 18 Uhr bis am Morgen um 6 Uhr) war identisch schnell, langsamer als das erste Viertel, aber schneller als das letzte Viertel. Dieses letzte Viertel war das langsamste aller Viertel.

Nach den 24 Stunden war das Körpergewicht um fast 2 kg und das viszerale Fett um 1 kg reduziert (Abbildung 4). Nach dem Lauf stiegen Körpergewicht und % Körperwasser kontinuierlich an, ebenfalls das Volumen der Unterschenkel. Während das Körpergewicht am Tag 4 am höchsten war, wurde der höchste Wert an Körperwasser am zweiten Tag gemessen. **Vor dem Start waren die Füsse ohne Schwellung (Abbildung 5). Am zweiten Tag waren die Füsse und Unterschenkel am dicksten (Abbildung 6) sowie das viszerale Fett und % Körperfett am tiefsten. Ebenfalls stieg die fettfreie Masse im Verlauf an. Am sechsten Tag war die Schwellung der Füsse wieder praktisch ganz weg (Abbildung 7).**

Wenn wir die Differenz für viszerales Fett zwischen vor dem Start und dem tiefsten Wert am zweiten Tag nehmen, so hat der Läufer maximal 2 kg viszerales Fett abgebaut. Allerdings dürfte dieser Wert stark durch das Körperwasser beeinflusst sein, so dass die 160 km nur zu einer Reduktion des viszeralen Fettes um 1 kg führten.

Diskussion

Veränderung der Körperkompartimente

Die Idee dieser Fallstudie war zu bestimmen wie weit resp. wie lange eine Person laufen muss um 1 kg viszerale Fett abzubauen. Anhand unserer Messungen kommen wir zum Schluss dass die rund 160 Laufkilometer das viszerale Fett um rund 1 kg reduzierten. Umgerechnet wird über 100 km das viszerale Fett um rund 0.6 kg reduziert, was in etwa den Angaben aus Untersuchungen von grösseren Kollektiven mit 100-km Läufern entspricht (7, 8). Wenn man die 160 km auf die vier Abschnitte aufteilt, so dürfte ein Marathon das viszerale Fett um rund 0.25 kg reduzieren. Und anders ausgedrückt muss man vier Marathons laufen um 1 kg viszerale Fett abzubauen.

Mit der Bioimpedanz-Analyse zeigte sich ein Anstieg des Körperwassers mit dem Maximum 48 Stunden nach Ende des Rennens. Zum gleichen Zeitpunkt zeigte sich auch das grösste Volumen der Unterschenkel. Es ist davon auszugehen dass ein Zusammenhang zwischen Körperwasser und Volumen der Unterschenkel besteht. Bei einem Triathleten der während 10 Tagen jeden Tag einen Ironman absolvierte zeigte sich ein klarer Zusammenhang zwischen Zunahme des Körperwassers und der Zunahme der Schwellung der Füsse (17). Bei dieser Untersuchung ging man aufgrund von weiteren Untersuchungen davon aus dass die zunehmende Schwellung der Füsse durch eine erhöhte Flüssigkeitszufuhr sowie eine zunehmende Abnahme der Nierenfunktion im Laufe des Rennens zustande kam (17).

Auffallend war auch bei unserem Läufer dass die fettfreie Masse in den Tagen nach der Belastung zunahm. Bei sehr langen Ausdauerbelastungen kann es zu einer Zunahme der Körpermasse (Körpergewicht) kommen (21), die im DEXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) auf ein Ödem der belasteten Muskulatur zurückgeführt werden kann (22).

Die Beurteilung der Leistung

Unser Läufer ist mit einer Geschwindigkeit von 6.89 ± 0.71 km/h gelaufen. In diesem Tempo sollte der grösste Teil von Marathonläufern die 42.195 km innerhalb des Zeitlimits von 6 Stunden schaffen. Somit ist die Laufgeschwindigkeit unseres Läufers durchaus verwendbar für den Alltag. Die Abnahme des Körperfetts könnte gar noch erhöht werden wenn schneller gelaufen würde. Eine Studie mit Triathleten an einem dreifachen Ironman konnte klar zeigen dass die schnellsten Athleten am meisten Körperfett reduzierten. Erstaunlicherweise hatte der Athleten mit dem geringsten Körperfett die schnellste Wettkampfzeit und nahm sogar noch am meisten an Körperfett ab (23).

Die Rundenzeiten nahmen während den 24 Stunden kontinuierlich zu und entsprechend nahm die Laufgeschwindigkeit fortwährend ab. Dies entspricht einem sog. negativen Pacing (24). Die Abnahme der Geschwindigkeit in einem Rennen über 24 Stunden ist nicht zu vermeiden. Auch bei einem Weltklasseradfahrer im Rahmen eines neuen Weltrekords über 24 Stunden Radfahren auf der Strasse nahm die Geschwindigkeit linear über die Zeit ab (25).

Interessanterweise hat der Läufer das zweite und das dritte Viertel (von abends 18 Uhr durch die Nacht bis am Morgen um 6 Uhr) identisch schnell gelaufen. Das erste Viertel war deutlich am schnellsten während das letzte Viertel deutlich am langsamsten war. Um eine bessere Leistung zu erzielen müsste der Läufer bei einem nächsten Rennen das erste Viertel deutlich langsamer angehen um dann nach der Nacht die letzten 6 Stunden des Folgetages noch mit dem gleichen Tempo weiter zu laufen.

Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Alltag

Wir müssen uns nun die Frage stellen ob die erhaltenen Resultate alltagstauglich für die Beratung von untrainierten Übergewichtigen und Fettleibigen sind. Selbst wenn unser Läufer mittleren Alters gemäss BMI übergewichtig ist, so dürfte er aufgrund der BIA nicht allzu ‚fettig‘ sein. Allzu untrainiert dürfte er auch nicht sein, denn das wöchentliche Laufvolumen von rund 110 km in der Vorbereitung auf den Lauf ist deutlich über dem wöchentlichen Laufvolumen von Marathonläufern (~45 km) sowie 100-km Läufern (~70-85 km) (26, 27) und kann von Untrainierten und Übergewichtigen kaum verlangt werden. Der wöchentliche Kilometerumfang unseres Läufers liegt im Bereich von 24-Stunden-Läufern die im Training um 100 km pro Woche zurücklegen (28).

Der Abbau an Fett bei diesem Läufer dürfte deutlich höher sein als bei untrainierten Übergewichtigen. Wenn Ausdauerathleten und untrainierte Übergewichtige und Fettleibige auf ihre Fettverbrennungsrate bei einer Ausdauerbelastung untersucht wurden, so verbrannten Ausdauertrainierte deutlich mehr Fett pro Zeiteinheit als untrainierte Übergewichtige und Fettleibige (29).

Für den Alltag kann man aber folgern dass Untrainierte mit dem Ziel des Abbaus des viszeralen Fettes bei möglichst tiefer Geschwindigkeit möglichst lange laufen sollten. Wenn sich der Trainingszustand im Laufe der Zeit verbessert hat, kann und soll die Laufgeschwindigkeit erhöht werden, denn dies wird den Abbau an Körperfett erhöhen (23).

Grundsätzlich können auch untrainierte Fettleibige bei tiefer Intensität lange und weit laufen. Der fettleibige US-Amerikaner Steve Vaught ist 2005-2006 während mehr als einem Jahr quer durch die USA gelaufen. Er startete mit einem Gewicht von 200 kg und hat dabei rund 57 kg an Gewicht verloren (www.verywell.com/steve-vaught-the-fat-man-walking-3435952). Wenn wir die Strecke von der Westküste zur Ostküste mit etwa 4'800 km nehmen, so hat er etwa 80 km für 1 kg Verlust an Körpergewicht investiert, wobei der Verlust an Körpergewicht am ehesten Fett war. Dieser geschätzte Wert stimmt erstaunlich gut mit unserem genau gemessenen Wert überein. Unser Läufer hat nach den 24 Stunden 2 kg an Körpergewicht verloren, entsprechend 2 kg für 160 km, also 1 kg für 80 km (Abbildung 4).

Bei der Gewichtsreduktion ist auch zu bedenken dass es immer eine Kombination aus Bewegung und reduzierter Energiezufuhr benötigt um die Fettmasse nachhaltig zu reduzieren. In dieser Fallstudie mit einer begrenzten Belastungsdauer von 24 Stunden wurde der Aspekt der Energiezufuhr allerdings nicht berücksichtigt. Unser Läufer hat sich während den 24 Stunden ausschliesslich von Kuchen, Schokolade und Süssgetränken ernährt, also auch nicht gerade die optimale Sportlernahrung.

Für den Alltag kann gefolgert werden dass man rund 15-16 km laufen muss um 100 g Fett abzubauen, resp. vier Marathons innert kurzer Zeit absolvieren muss um 1 kg Fett zu verlieren.

Methodologische Aspekte

Wir haben diese Fallstudie mit einem Mann durchgeführt. Frauen haben prozentual mehr Fett als Männer und die Reduktion an Fett könnte bei Frauen grösser ausfallen. Ob dies so ist müsste in einer Fallstudie mit einer Frau überprüft werden.

Die Zahlen wurden an einem übergewichtigen aber doch relativ gut trainierten Läufer erhoben. Das Experiment müsste im Rahmen einer kontrollierten Marathon-Feldstudie mit untrainierten Übergewichtigen und Fettleibigen wiederholt werden. Oder allenfalls könnte auch ein einzelner untrainierter Übergewichtiger oder Fettleibiger die 160 km laufen und dabei die Messungen wiederholt werden.

Wir haben in diesem Fallbericht die Fettmasse sowie die fettfreie Masse mit BIA bestimmt. Die Messungen mit bioelektrischer Impedanz sind stark abhängig vom Körperwasser. Die BIA induziert einen feinen Strom, der durch den ganzen Körper fliesst. Dieser Strom misst den prozentualen Anteil des Körperwassers, das ein Parameter für die fettfreie Masse ist (30). Aufgrund der Resultate der BIA gehen wir davon aus, dass sich das Wasser in die

fettfreie Masse und nicht in die Fettmasse ausdehnt. Dies vor allem auch aufgrund des Aspekts, dass neben dem prozentualen Anteil an Körperfett auch das viszerale Fett abnahm. Die bioelektrischen Impedanz-Waage Tanita BC-545 gibt die Werte für viszerales Fett nur auf 1 kg genau an während der Wert für % Körperfett auf 0.1 % genau angegeben wird. Ein Problem ist das % Körperfett ein relativer Wert ist und daraus nicht das Körperfett als Masse berechnet werden kann.

Auffallend ist im Verlauf nach dem Lauf dass sich der Verlauf von % Körperfett umgekehrt zum Verlauf von % Körperwasser verhält. Während % Körperfett nach dem Lauf kontinuierlich sinkt, steigt % Körperwasser an und zwei Tage nach dem Lauf ist % Körperfett am tiefsten und % Körperwasser am höchsten.

Der BIA wird angelastet, dass die Verschiebung des Wassers nicht korrekt erfasst wird. Es ist bekannt dass die BIA sehr hohe und sehr tiefe prozentuale Fettwerte nicht korrekt erfassen (31). Die BIA ordnet Veränderungen des Flüssigkeitshaushaltes einer Veränderung der Fettmasse zu und eignet sich somit nicht gut, Veränderungen der Zusammensetzung des Körpers in Abhängigkeit von körperlicher Aktivität korrekt zu interpretieren (32).

Alternativ zur BIA können sowohl für Männer (33) wie für Frauen (34) anthropometrische Methoden mit Messungen von Hautfaltendicken zur Bestimmung von % Körperfett verwendet werden. Bei dieser Methode ist allerdings die Messung der Hautfaltendicke stark abhängig vom Untersucher und es kann nicht direkt die Fettmasse in kg bestimmt werden. Es wurde beschrieben dass der prozentuale Anteil an Fett mit der anthropometrischen wie mit der BIA gleich gut erfasst werden kann (35). Ein Vorteil der anthropometrischen Methode ist, dass sie nicht invasiv ist. Weiterhin ist sie nicht von einer grösseren Laborausrüstung oder Stromquelle abhängig und schnell praktikabel unter Feldbedingungen. Allerdings gibt die anthropometrische Methode auch nur einen Prozentwert und keine absolute Masse an Fett.

Die BIA ist eine einfache, billige und schnell verfügbare Methode zur Messung der Körperkompartimente. Im Vergleich dazu sind aufwendigere apparative technische Methoden wie DEXA oder MRI sehr teuer und nur ganz begrenzt verfügbar. Eine einfache BIA-Waage gibt es für rund 200 CHF, eine einzelne DEXA-Messung wird kommerziell angeboten für gegen 200 CHF, während eine Körperfettmessung mit MRI nur im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten durchgeführt wird. Wenn BIA-Messungen mit DEXA als Goldstandard verglichen werden, so schneidet die BIA nicht allzu schlecht ab, wobei immer

darauf geachtet werden muss ob die untersuchten Personen normalgewichtig, übergewichtig, oder fettleibig sind (36-39).

Empfehlung für eine Trainingsstudie

Die Resultate von einer einzigen relativ langen Belastung sind von beschränkter Aussagekraft. In einer zukünftigen Studie könnte ein Läufer täglich eine Strecke von 10 km, 20 km oder 30 km während einer begrenzten Zeit wie etwa einem oder mehrerer Monate laufen oder marschieren. Tägliche Messungen resp. Messungen nach jeder Trainingseinheit der Körperzusammensetzung mit BIA würden dann auch zeigen ob und wie effizient das Fett (viszerale Fettmasse und % Körperfett) reduziert werden.

Täglich einen Marathon zu laufen scheint für einen Trainierten gut möglich zu sein. Der Belgier Stefaan Engels hat von Februar 2010 bis Februar 2011 innerhalb von einem Jahr täglich einen Marathon gelaufen und dabei die Strecke von 15'401 km zurückgelegt (<http://edition.cnn.com/2011/SPORT/02/05/marathon.record.engels.365/>). Wenn wir die Leistung von Steve Vaught anschauen, so hat er täglich etwa 15 Meilen (rund 25 km) absolviert (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/4756717.stm>). Somit sollte eine tägliche Strecke von 20 km Laufen oder Marschieren auch für einen relativ Untrainierten und Übergewichtigen machbar sein.

Im Rahmen einer Trainingsstudie sollten nebst den Messungen mit der BIA die Hautfaltendicken speziell an der unteren Extremität gemessen werden. Eine Trainingsstudie über drei Jahre mit trainierten Läufern zeigte das speziell die Hautfaltendicken an den Beinen abnahmen (40).

Generell darf nicht vergessen werden dass eine Kombination von reduzierter Energiezufuhr sowie erhöhtem Energieverbrauch wie etwa längeren Lafeinheiten zu einer negativen Energiebilanz führen können und so das Depotfett des Körpers noch schneller abgebaut werden kann.

Verdankung

Wir danken Christian Marti, Zürich, für seine kritischen Kommentare. Christian Marti hat zwei Mal erfolgreich das ‚Trans Europe Foot Race‘ über mehr als 4'000 Laufkilometer gefinisht.

Key messages

- Ein Lauf über rund 24 Stunden mit einer konstanten Laufgeschwindigkeit von weniger als 7 km/h führt zu einer messbaren und nachhaltigen Reduktion des viszeralen Fettes von 1 kg
- Man muss vier Marathons laufen um 1 kg viszerales Fett abzubauen.
- Um 100 g körpereigenes Fett abzubauen muss man rund 15-16 km laufen

532 **Zusammenfassung**

533 Wir berichten über einen übergewichtigen Läufer mittleren Alters der sich gezielt auf einen
534 24-Stunden-Lauf vorbereitet hat mit dem Ziel 100 Meilen zu laufen und den Abbau des
535 viszeralen Fettes zu dokumentieren. Es zeigte sich dass der Läufer in der Lage war konstant
536 mit einer Geschwindigkeit von fast 7 km/h durch zu laufen, dabei über 164 km erzielte und
537 dabei 1 kg viszerales Fett verlor. Für den Alltag braucht es umgerechnet rund 4 Marathons
538 um 1 kg viszerales Fett zu verlieren.

539

540 **Schlüsselwörter**

541 Ausdauerbelastung; Laufen; Fettreduktion

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

Summary

We report the case of an overweight middle-aged runner who has been specifically preparing for a 24-hour run with the goal of running 100 miles and documenting the reduction of visceral fat. It was shown that the runner was able to run constantly at a speed of almost 7 km/h, achieved the distance of 164 km, and lost 1 kg of visceral fat. For everyday life it takes about 4 marathons to lose 1 kg of visceral fat mass.

Key words

Endurance performance, running, fat reduction

620 **Korrespondenzadresse**
621 Prof. Dr. med. Beat Knechtle
622 Facharzt FMH für Allgemeinmedizin
623 Gesundheitszentrum St. Gallen
624 Vadianstrasse 26
625 9001 St. Gallen
626 Telefon +41 (0) 71 226 93 00
627 Telefax +41 (0) 71 226 93 01
628 E-Mail beat.knechtle@hispeed.ch

629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668

Literaturverzeichnis

1. Tune JD, Goodwill AG, Sassoon DJ, Mather KJ. Cardiovascular consequences of metabolic syndrome. *Translational Research*. 2017;183:57-70.
2. Kramer CK, Zinman B, Retnakaran R. Are metabolically healthy overweight and obesity benign conditions?: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*. 2013;159(11):758-69.
3. Tatsumi Y, Nakao YM, Masuda I, Higashiyama A, Takegami M, Nishimura K, et al. Risk for metabolic diseases in normal weight individuals with visceral fat accumulation: A cross-sectional study in Japan. *BMJ Open*. 2017;7(1).
4. Knechtle B, Knechtle P. Run across Switzerland - Effect on body fat and muscle mass. *Praxis*. 2007;96(8):281-6.
5. Knechtle B, Bircher S. Changes in body composition during an extreme endurance run. *Praxis*. 2005;94(10):371-7.
6. Schütz UHW, Billich C, König K, Würslin C, Wiedelbach H, Brambs HJ, et al. Characteristics, changes and influence of body composition during a 4486 km transcontinental ultramarathon: Results from the Transeurope Footrace mobile whole body MRI-project. *BMC Medicine*. 2013;11(1).
7. Knechtle B, Knechtle P, Wirth A, Rüst CA, Rosemann T. A faster running speed is associated with a greater body weight loss in 100-km ultra-marathoners. *Journal of Sports Sciences*. 2012;30(11):1131-40.
8. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T. Increase of total body water with decrease of body mass while running 100 km nonstop—formation of edema? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2009;80(3):593-603.
9. Knechtle B, Zimmermann K, Wirth A, Knechtle P, Kohler G. 12 Hours running results in a decrease of the subcutaneous adipose tissue. *Praxis*. 2007;96(38):1423-9.
10. Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AM. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *British Journal of Nutrition*. 2000;83(2):115-22.
11. Knechtle B, Duff B, Schulze I, Kohler G. A multi-stage ultra-endurance run over 1,200 km leads to a continuous accumulation of total body water. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2008;7(3):357-64.
12. Knechtle B, Fraire OS, Andonie JL, Kohler G. Effect of a multistage ultra-endurance triathlon on body composition: World Challenge Deca Iron Triathlon 2006. *British Journal of Sports Medicine*. 2008;42(2):121-5.
13. Knechtle B, Knechtle P, Andonie JL, Kohler G. Body composition, energy, and fluid turnover in a five-day multistage ultratriathlon: a case study. *Research in sports medicine (Print)*. 2009;17(2):104-20.

- 707 14. Knechtle B, Vinzent T, Kirby S, Knechtle P, Rosemann T. The recovery phase
708 following a triple iron triathlon. *Journal of Human Kinetics*. 2009;21(1):65-74.
- 709 15. Bracher A, Knechtle B, Gnädinger M, Bürge J, Rüst CA, Knechtle P, et al. Fluid intake
710 and changes in limb volumes in male ultra-marathoners: Does fluid overload lead to
711 peripheral oedema? *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112(3):991-1003.
- 712 16. Cejka C, Knechtle B, Knechtle P, Rüst CA, Rosemann T. An increased fluid intake
713 leads to feet swelling in 100-km ultra-marathoners - an observational field study. *Journal of*
714 *the International Society of Sports Nutrition*. 2012;9.
- 715 17. Knechtle B, Zingg MA, Knechtle P, Rosemann T, Rüst CA. Feet swelling in a
716 multistage ultraendurance triathlete: A case study. *International Journal of General Medicine*.
717 2015;8:325-32.
- 718 18. Knechtle B. Nutrition in ultra-endurance racing – aspects of energy balance, fluid
719 balance and exercise-associated hyponatremia. *Medicina Sportiva*. 2013;17:200-10.
- 720 19. Bircher S, Enggist A, Jehle T, Knechtle B. Effects of an extreme endurance race on
721 energy balance and body composition - A case study. *Journal of Sports Science and*
722 *Medicine*. 2006;5(1):154-62.
- 723 20. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale,
724 N.J.: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
- 725 21. Knechtle B, Marchand Y. Variations of the body weight and the skinfold thickness in
726 an athlete during a very long lasting endurance exercise. *Schweizerische Zeitschrift für*
727 *Sportmedizin und Sporttraumatologie*. 2003;51(4):174-8.
- 728 22. Knechtle B, Zapf J, Zwysig D, Lippuner K, Hoppeler H. Energy turnover and muscle
729 structure in long-duration exercise: A case study. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin*
730 *und Sporttraumatologie*. 2003;51(4):180-7.
- 731 23. Knechtle B, Schwanke M, Knechtle P, Kohler G. Decrease in body fat during an
732 ultra-endurance triathlon is associated with race intensity. *British Journal of Sports Medicine*.
733 2008;42(7):609-13.
- 734 24. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during
735 athletic competition. *Sports Medicine*. 2008;38(3):239-52.
- 736 25. Knechtle B, Bragazzi NL, Rosemann T, Rüst CA. Pacing in a self-paced world record
737 attempt in 24-h road cycling. *SpringerPlus*. 2015;4(1).
- 738 26. Knechtle B. Ultramarathon runners: Nature or nurture? *International Journal of Sports*
739 *Physiology and Performance*. 2012;7(4):310-2.
- 740 27. Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. Similarities and differences in
741 anthropometry and training between recreational male 100-km ultra-marathoners and
742 marathoners. *Journal of Sports Sciences*. 2012;30(12):1249-57.

28. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Zimmermann K, Kohler G. Personal best marathon performance is associated with performance in a 24-h run and not anthropometry or training volume. *British Journal of Sports Medicine*. 2009;43(11):836-9.
29. Bircher S, Knechtle B. Relationship between fat oxidation and lactate threshold in athletes and obese women and men. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2004;3(3):174-81.
30. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of applied physiology*. 1969;27(4):531-4.
31. Kaminsky LA, Whaley MH. Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1993;33(2):172-7.
32. Saunders MJ, Blevins JE, Broeder CE. Effects of hydration changes on bioelectrical impedance in endurance trained individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1998;30(6):885-92.
33. Ball SD, Altena TS, Swan PD. Comparison of anthropometry to DXA: A new prediction equation for men. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004;58(11):1525-31.
34. Ball S, Swan PD, DeSimone R. Comparison of anthropometry to dual energy x-ray absorptiometry: A new prediction equation for women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2004;75(3):248-58.
35. Vasudev S, Mohan A, Mohan D, Farooq S, Raj D, Mohan V. Validation of body fat measurement by skinfolds and two bioelectric impedance methods with DEXA - The Chennai Urban Rural Epidemiology Study [CURES-3]. *Journal of Association of Physicians of India*. 2004;52(NOV):877-81.
36. Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity*. 2006;14(11):2064-70.
37. Thomson R, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Good agreement between bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry for estimating changes in body composition during weight loss in overweight young women. *Clinical Nutrition*. 2007;26(6):771-7.
38. Shafer KJ, Siders WA, Johnson LK, Lukaski HC. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition*. 2009;25(1):25-32.
39. Boneva-Asiova Z, Boyanov MA. Body composition analysis by leg-to-leg bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry in non-obese and obese individuals. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2008;10(11):1012-8.

40. Legaz A, Eston R. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. British Journal of Sports Medicine. 2005;39(11):851-6.

828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877

Abschnitt	Laufgeschwindigkeit (km/h)
Erster Abschnitt (Runden 1-37)	7.72±0.56
Zweiter Abschnitt (Runden 38-74)	6.76±0.52
Dritter Abschnitt (Runden 75-111)	6.76±0.39
Vierter Abschnitt (Runden 112-148)	6.33±0.51

Tabelle 1: Laufgeschwindigkeit (Mittelwert und Standardabweichung) für die vier Abschnitte in den 24 Stunden

Legenden zu den Abbildungen

- Abbildung 1** Die Rundenzeiten über die 24 Stunden. Rundenzeiten deutlich oberhalb der Regressionsgeraden sind bedingt durch Toilettenpausen, Kleiderwechsel oder Verpflegungspausen
- Abbildung 2** Die Verteilung der Anzahl Runden nach Laufgeschwindigkeit
- Abbildung 3** Die mittlere Laufgeschwindigkeit in den vier Abschnitten. Die gestrichelte Linie entspricht der mittleren Laufgeschwindigkeit über 24 Stunden. * $p < 0.001$; # $p < 0.01$
- Abbildung 4** Der Verlauf von Körpergewicht, Prozent Körperfett, Prozent Körperwasser, viszeraler Fettmasse, fettfreier Masse und dem Volumen beider Unterschenkel über die Zeit
- Abbildung 5** Bilder beider Knöchelregionen vor dem Lauf
- Abbildung 6** Bilder beider Knöchelregionen zwei Tage nach Zieleinlauf
- Abbildung 7** Bilder beider Knöchelregionen sechs Tage nach Zieleinlauf

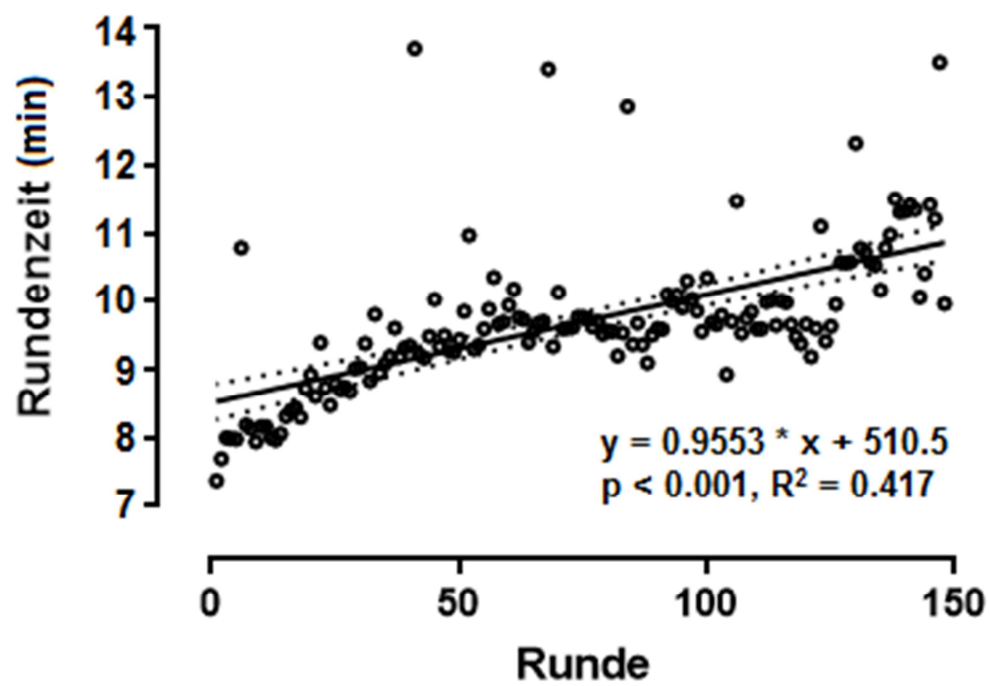


Abbildung 1

931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966

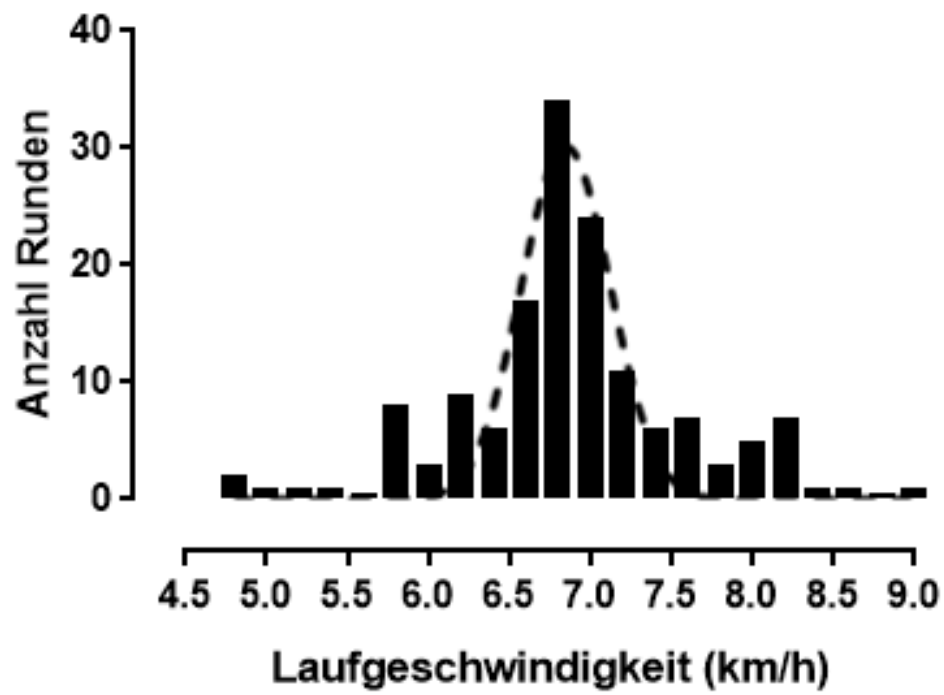


Abbildung 2

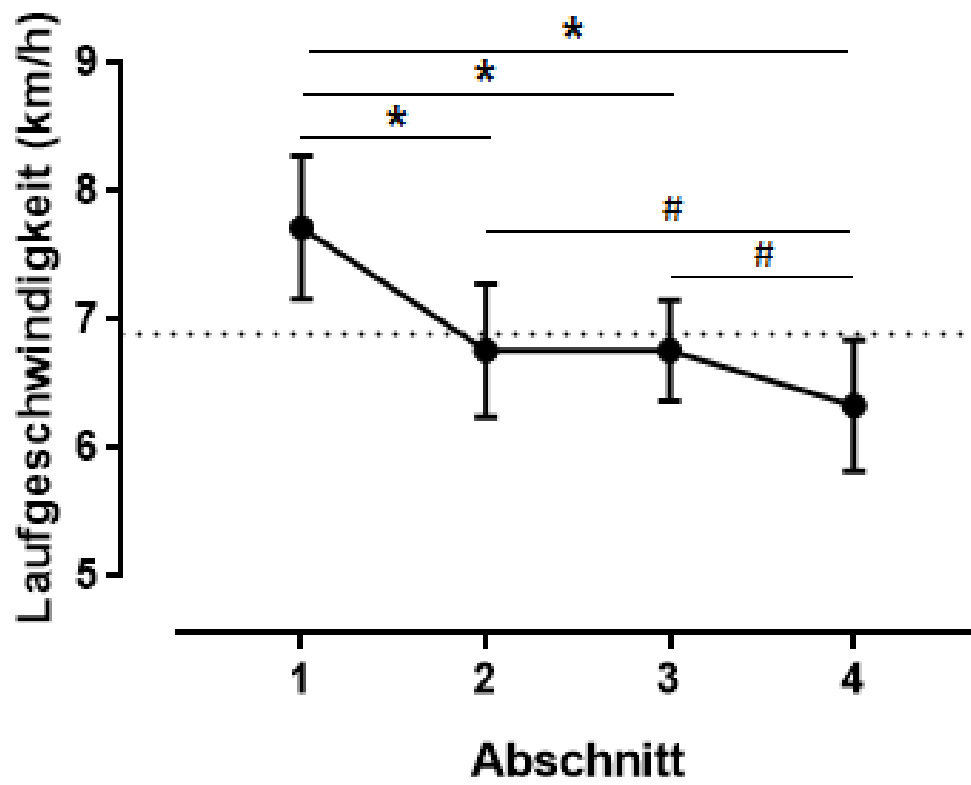


Abbildung 3

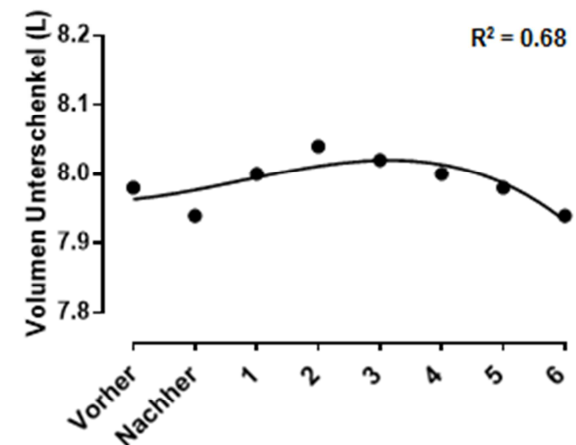
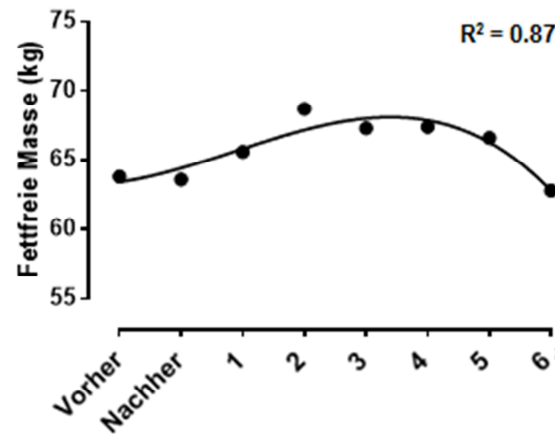
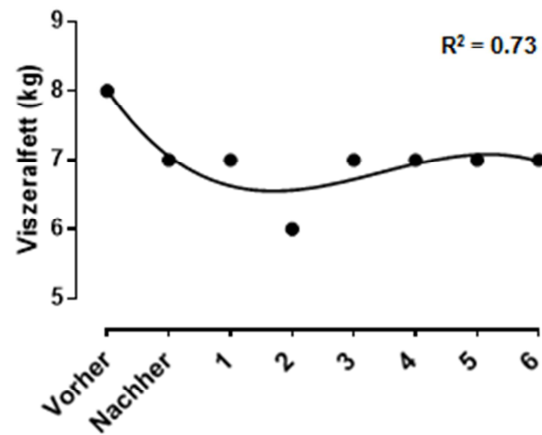
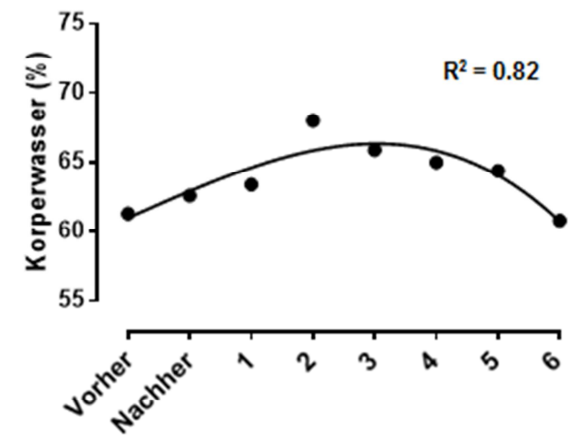
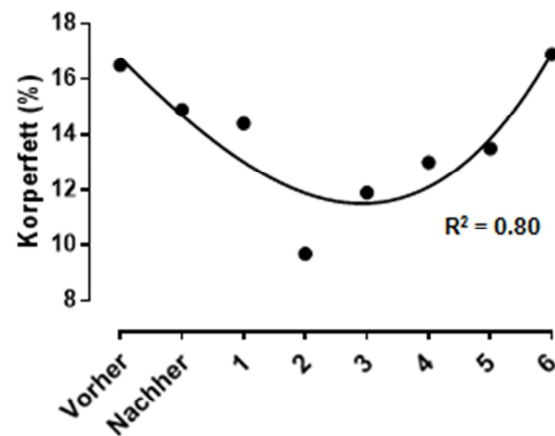
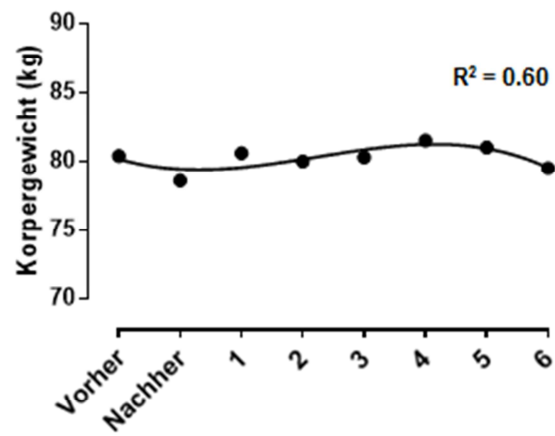


Abbildung 4



Abbildung 5



Abbildung 6



Abbildung 7